

09/936033

PO - Munich
61

28. März 2000



EP00/1688

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

REC'D 10 APR 2000

WIPO

PCT

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 21 MARS 2000

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE

26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS Cédex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30

Best Available Copy

This Page Blank (uspto)



BREVET D'INVENTION

26bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

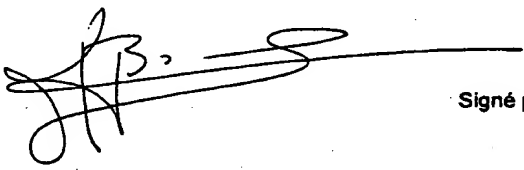
Code de la propriété intellectuelle-livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

0	RESERVE A L'INPI	3902827		
0-1	Date de remise des pièces	0810399		
0-2	N° d'enregistrement national			
0-3	Département de dépôt	75		
0-4	Date de dépôt	08 MARS 1999		
0-6	Titre de l'invention	PROCEDE D'EVALUATION D'IMAGES CODEES, DISPOSITIF METTANT EN OEUVRE LE PROCEDE ET UTILISATION DU DISPOSITIF ET PROCEDE		
0-8	Etablissement du Rapport de Recherche	Immédiat		
0-9	Votre référence dossier	PF990005		
1	DEMANDEUR(s)			
1-1	Nom Suivi par Adresse rue Adresse code postal et ville Pays Nationalité Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF N° de téléphone N° de télécopie Courrier électronique	THOMSON multimedia BRAUN Michel 46 quai Alphonse Le Gallo 92100, BOULOGNE BILLANCOURT France France Société anonyme 333 773 174 741J 01 41 86 52 68 01 41 86 56 33 braunm@thmulti.com		
2A	MANDATAIRE			
	Nom Qualité Affaire suivie par Adresse rue Adresse code postal et ville N° de téléphone N° de télécopie Courrier électronique	THOMSON multimedia Liens contractuels, Pouvoir général: 6075 Michel Braun 46 quai Alphonse Le Gallo 92648, BOULOGNE CEDEX 01 41 86 52 68 01 41 86 56 33 braunm@thmulti.com		
4	Déclaration de PRIORITE ou REQUETE du bénéfice de la date de dépôt d'une demande antérieure	Etat	Date	N° de la demande
6	Documents et Fichiers joints	Fichier électronique	Pages	Détails
6-1	Description	texte.doc	27	
6-2	Revendications	texte.doc	7	27
6-3	Dessins	dessins.doc	4	8 fig., 1 ex.
6-4	Abrégé	texte.doc	1	
6-5	Figure d'abrégé	dessins.doc	1	fig. 1a; 1 ex.
6-6	Listage de séquences			
6-7	Rapport de recherche			

BREVET D'INVENTION

Désignation de l'inventeur

Référence utilisateur: PF990005 Référence système: 111111 729788,629304282 N° d'enregistrement national: 9902827	
Titre de l'invention: PROCÉDE D'EVALUATION D'IMAGES CODEES, DISPOSITIF METTANT EN OEUVRE LE PROCÉDE ET UTILISATION DU DISPOSITIF ET PROCÉDE	
Le(s) soussigné(s): THOMSON multimedia	
Désigne(nt) en tant qu'inventeur(s):	
Inventeur 1	Nom, Prénom: BORDES, Philippe Adresse: 46 quai Alphonse Le Gallo F-92648 BOULOGNE CEDEX France
Inventeur 2	Nom, Prénom: GUILLOTTEL, Philippe Adresse: 46 quai Alphonse Le Gallo F-92648 BOULOGNE CEDEX France
	Signé par: Michel Braun Ingénieur Brevets THOMSON multimedia En qualité de: Ingénieur Brevets Date: 5 mars 1999

La présente invention concerne un procédé et un dispositif d'évaluation de la qualité des images codées ainsi que l'utilisation de tels procédé et dispositif.

Dans les systèmes de codage de séquences vidéo numériques, il est connu d'estimer la qualité des images en sortie de processus par comparaison avec l'image originale en utilisant le rapport signal à bruit.

Ce rapport est en général dénommé PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) et obtenu en sommant les différences quadratiques des pixels de l'image finale et de l'image originale.

Toutefois, cette mesure ne prend pas en compte les caractéristiques psychovisuelles de la vision humaine (HVS : Human Visual System). En effet, l'œil humain est plus sensible à certaines fréquences spatiales et sa perception des détails des objets est fortement liée à leur mouvement relatif et également aux phénomènes de luminosité et de contraste.

Ainsi une séquence, qui peut, selon le processus d'estimation de qualité traditionnelle, apparaître comme résultant d'un bon codage et être supposée avoir une bonne qualité d'images, ne sera pas perçue de cette façon par l'observateur compte tenu de ses caractéristiques psychovisuelles.

L'objet de l'invention est donc de permettre une appréciation de la qualité des images qui se rapproche autant que possible de la perception qu'en aura l'observateur.

L'influence du facteur humain (HVS) est partiellement prise en compte dans les codeurs traditionnels de type MPEG2 dans la perception des fréquences spatiales des images décodées par utilisation d'une matrice de pondération sur les hautes fréquences des blocs d'images 8 par 8, mais cette prise en compte n'est absolument pas effectuée dans la perception des détails des objets en mouvement.

La plupart des travaux mesurant les disparités entre deux images sont essentiellement basés sur une analyse statique des défauts ne prenant

pas en compte le mouvement, ou encore sur une analyse des fréquences spatiales.

Par ailleurs, les quelques travaux antérieurs prenant en considération l'aspect temporel, mais ne prenant pas en compte le mouvement proprement dit, utilisent la différence (distorsion) entre un
5 macrobloc courant et le macrobloc à la même position dans l'image précédente.

Aucun de ces travaux ne considère l'influence de la vision humaine avec les problèmes de mouvement dans l'image.

10 Le but de l'invention est de pallier les inconvénients de l'art antérieur.

Ce but est atteint par le fait que le procédé d'évaluation de la qualité d'images comporte :

a) une étape de traitement du signal représentatif de l'image pour obtenir un signal traité,

15 b) une étape de construction à partir du signal représentatif de l'image codée, d'un signal représentatif de l'image champ de mouvement à partir de la séquence source,

c) une étape de constitution d'un signal représentatif de la segmentation du champ de mouvement et de stockage des pixels d'images
20 représentatifs de chaque région ayant un champ de mouvement différent à une adresse définie par rapport aux vecteurs vitesse estimés dans l'étape de construction du champ de mouvement permettant de déterminer les pixels ayant des vecteurs vitesse différents,

d) une étape de détermination ou de calcul d'un filtre humain
25 psychovisuel à appliquer en fonction de la vitesse estimée de la région,

e) une étape de filtrage du signal traité, et

f) une étape de construction de la carte des disparités entre les signaux représentatifs de l'image obtenus après l'étape de filtrage et les signaux représentatifs de l'image décodée obtenus après l'étape de filtrage.

Selon une autre particularité, le procédé d'évaluation de la qualité d'images comporte une étape consistant à appliquer chacune des étapes à l'image source et à l'image décodée.

5 Selon une autre particularité, le procédé d'évaluation de la qualité d'images codées comporte une étape de décomposition fréquentielle des images (FFT, sous-bande,...) précédant l'étape de filtrage constituée d'une pondération par un coefficient déduit de courbes prenant en compte la vitesse estimée et la bande de fréquence considérée, pour tenir compte de l'influence relative de la vitesse et de la fréquence spatiale sur la perception
10 des images animées.

Selon une autre particularité, l'étape de filtrage psychovisuel s'applique à des matrices représentatives des différences inter-pyramides entre les pyramides de Laplace des images sources traitées et celles des images décodées traitées après pondération par, d'une part l'influence locale
15 représentative de la fréquence du pixel concerné et d'autre part, un coefficient de filtrage déduit de courbes de filtrage prenant en compte la vitesse estimée et la bande de fréquence correspondant au niveau de la pyramide de Laplace à laquelle le pixel appartient dans une pyramide multirésolution obtenue par construction d'une pyramide à partir de l'image
20 de chaque région de vitesse différente.

Selon une autre particularité, les courbes de filtrage psychovisuel sont soit constituées par une succession de courbes arrangées sous forme de base de données et mémorisées dans le système, et éventuellement interpolation à partir de ces courbes, soit obtenues par une représentation
25 analytique mise en œuvre par des moyens de calcul permettant de calculer chaque courbe.

Selon une autre particularité, l'étape de construction de la carte des disparités s'effectue par recombinaison des pyramides multirésolutions filtrées obtenues à l'étape précédente.

Selon une autre particularité, l'étape de traitement de l'image comporte une étape de décomposition des images sources et décodées en pyramide de Laplace de n niveaux et une étape de construction de la différence inter-pyramide.

- 5 Selon une autre particularité, la vitesse ou valeur locale du mouvement est obtenue par une construction éventuelle de filtres puis application du filtre construit ou par application d'un filtre médian.

- Selon une autre particularité, le procédé comporte une étape de précorrection des images en effectuant une correction Gamma et une
10 correction par la loi de Weber.

Selon une autre particularité, la correction Gamma s'effectue par un dispositif mettant en œuvre la formule suivante :

$$y = Ks \cdot V^{\gamma}$$

avec $V = kaE^{\gamma_a}$

- 15 dans laquelle y est la luminance, V la tension de luminance, E l'éclairement de l'image analysée γ est un exposant voisin de 2,2 pour les tubes images en noir et blanc et γ_a une valeur de 0,45 admise couramment pour la télévision couleur.

- Selon une autre particularité, le filtrage est obtenu par construction
20 du filtre psychovisuel correspondant à la vitesse estimée à partir d'une base de données de filtres et interpolation entre les deux filtres correspondant aux régions les plus proches de la région dont la vitesse a été estimée.

- Selon une autre particularité, l'influence (I_n) locale relative du pixel p_i concerné est obtenue par calcul d'une valeur E_n représentant la puissance
25 $q^{\text{ième}}$ de la différence niveau à niveau inter-pyramides entre les pyramides sources et pyramides décodées de même niveau du pixel concerné.

Selon une autre particularité, le calcul de I_n est effectué par utilisation de la formule suivante

$$I_n = \frac{E_n}{\sum_{k < n} m(E_k)}$$

avec $E_n = (\text{Diff}_n(p_{ij}))^q$,

$m(E_k) = E_k$ si $E_k > S$

et $m(E_k) = S$ si $E_k < S$

avec par exemple $S = 0,5\%$ (valeur maximale possible de E_k)

5 Selon une autre particularité, le filtrage comporte un filtrage directionnel des images selon une direction déterminée plutôt qu'une autre.

Selon une autre particularité, la correction Gamma s'effectue par un dispositif de calcul mettant en œuvre l'équation suivante :

$$10 \quad L_{display} = L_{max} \left(\frac{e}{e_{max}} \right)^{\gamma}$$

e étant la valeur de niveau de grille du pixel, e_{max} étant la valeur maximum exemple 256 si le codage s'effectue sur 8 bits, L_{max} étant l'intensité correspondant à e_{max} en cd/m².

15 Selon une autre particularité, la loi de Weber est mise en œuvre par un dispositif de calcul qui réalise la fonction suivante :

$$V_{out} = \frac{L_{max}}{2} \text{Log}_{10} \left(1 + 100 \frac{L_{display}}{L_{max}} \right)$$

20 Selon une autre particularité, le calcul du filtre psychovisuel s'obtient par un dispositif mettant en œuvre la formule suivante :

$$G(\alpha, v) = [6.1 + 7.3(\log(v/3))^3] \times v\alpha^2 \exp[-2\alpha (v+2)/45.9]$$

avec $\alpha = 2\pi f$, f =fréquence spatiale, v =vitesse

25 Un autre but de l'invention est de proposer une utilisation du procédé selon l'invention.

Cet autre but est atteint par le fait que le procédé de l'invention est utilisé dans un dispositif de codage par rétroaction dynamique en fonction des disparités psychovisuelles calculées par le dispositif de calcul mettant en œuvre le procédé sur l'un des paramètres utilisés par le dispositif de codage
5 au cours du codage.

Selon une autre particularité, les disparités calculées sont comparées à un seuil pour modifier les paramètres de codage de l'appareil de codage jusqu'à ce que le seuil souhaité soit franchi.

Selon une autre particularité, l'un des paramètres de codage est soit
10 le pas de quantification, soit la taille des images, soit la forme du groupe d'images GOP.

Selon une autre particularité, le procédé de l'invention est utilisé dans l'analyse de l'homogénéité des disparités calculées pour agir sur les paramètres de codage.

15 Selon une autre particularité, le procédé de l'invention est utilisé pour modifier les paramètres de codage des objets différents d'une image dont le codage est orienté objet en fonction d'une disparité souhaitée constante.

Selon une autre particularité, le procédé de l'invention est utilisé pour effectuer une réallocation dynamique des débits alloués.

20 Un dernier but de l'invention est de proposer un dispositif mettant en œuvre le procédé.

Ce but est atteint par le fait que le dispositif d'évaluation comporte :

- un moyen (1a, 1b) de traitement du signal représentatif de l'image source (10a) et de l'image décodée (10b) pour obtenir un signal d'image
25 source traitée et d'image décodée traitée,

- des moyens (2a, 2b) de construction à partir du signal représentatif de chacune des images, d'un signal représentatif de l'estimation du champ de mouvement à partir de chacune des images des séquences sources et décodées,

- des moyens (3a, 3b) de constitution d'un signal représentatif de la segmentation du champ de mouvement et de stockage des pixels d'images représentatifs de chaque région R_i ayant un champ de mouvement différent à une adresse définie par rapport aux vecteurs vitesse estimée dans l'étape
5 de construction du champ de mouvement permettant de déterminer pour chacune des images sources et décodées celles ayant des vecteurs vitesse différents,

- un moyen (4,5) de détermination ou de calcul d'un filtre humain psychovisuel à appliquer en fonction de la vitesse estimée de la région,

10 - des moyens (6a, 6b) de filtrage appliqués à chacune des images sources traitées et décodées traitées et

- un moyen (7) de construction de la carte des disparités entre les signaux représentatifs de l'image source traitée obtenus après l'étape de filtrage et les signaux représentatifs de l'image décodée traitée obtenus
15 après l'étape de filtrage.

Selon une autre particularité, les moyens de filtrage psychovisuel s'appliquent à des matrices représentatives des différences inter-pyramides calculées par des moyens de calcul entre les pyramides de Laplace des images sources traitées et celles des images décodées traitées après
20 pondération par, d'une part l'influence locale représentative de la fréquence du pixel concerné et, d'autre part un coefficient de filtrage déduit de courbes de filtrage mémorisées ou calculées et prenant en compte la vitesse estimée et la bande de fréquence correspondant au niveau de la pyramide de Laplace à laquelle le pixel appartient dans une pyramide multirésolution
25 obtenue par des moyens de construction de cette pyramide multirésolution à partir de l'image de chaque région de vitesse différente.

Selon une autre particularité, les moyens de construction de la carte des disparités effectuent une recomposition des pyramides multirésolutions filtrées.

Selon une autre particularité, les moyens de traitement, les moyens de constitution, les moyens de détermination, les moyens de construction, les moyens de filtrage sont constitués d'au moins un microprocesseur associé à des mémoires suffisantes pour contenir les programmes
 5 permettant de réaliser les différents moyens et pour contenir les bases de données et les informations intermédiaires nécessaires au calcul et à l'obtention de la carte des disparités.

D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description ci-après faite en
 10 référence aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1a représente une vue synoptique des étapes d'une première variante du procédé,
- la figure 1b représente une représentation graphique du résultat des étapes de prétraitement,
- 15 - la figure 1c représente une vue simplifiée de la matrice d'image source,
- la figure 1d représente une vue simplifiée de la matrice obtenue après segmentation du champ de mouvement,
- la figure 2 représente une vue synoptique des différentes étapes
 20 d'une deuxième variante du procédé,
- la figure 3 représente la famille de courbes de filtrage correspondant à l'influence psychovisuelle de la vision humaine, courbes qui sont mémorisées dans une base de données pour des vitesses déterminées.
- la figure 4 représente la pyramide multirésolution,
- 25 - la figure 5 représente la pyramide de Laplace.

Une première variante de réalisation de l'invention va être explicitée à l'aide de la figure 1a sur laquelle les étapes réalisées, par le dispositif permettant l'évaluation de la qualité des images en sortie d'un processus de codage, sont obtenues par différents dispositifs traitant, d'une part les
 30 signaux d'une image source (10a) et d'autre part les signaux représentatifs

d'une image décodée (10b). Chaque image est représentée par une pluralité de pixels p_{ij} arrangés en matrice comme représentés sur la figure 1c et dont la taille dépend de la définition souhaitée pour l'image. A un pixel p_{ij} donné correspond une taille de détails caractéristiques exprimée en fonction de la

5 taille de la matrice définissant le nombre de pixels dans l'image, d'une part par la fréquence en cycle et d'autre part par la vitesse en degré par seconde. Chacune des étapes du procédé selon la première variante de réalisation est appliquée à la fois à l'image source et à l'image décodée. Par image décodée, il faut entendre toute image vidéo obtenue en sortie d'un dispositif

10 de codage décodage permettant la transmission selon un standard tel que, par exemple, MPEG. Pour mieux fixer les idées, le lecteur pourra également se référer à l'annexe 1 qui représente les différentes étapes numérotées de 1 à 7 du procédé mis en œuvre selon la première variante.

Un premier dispositif (1a, 1b) de prétraitement des images sources

15 (10a) et décodées (10b) permet de mettre en œuvre une première étape de traitement dite étape de prétraitement réalisant une correction Gamma des signaux représentatifs de l'image et une correction du contraste par une loi de Weber. La loi de Weber tient compte du fait que l'œil est sensible aux contrastes et que lorsqu'on regarde un spot lumineux d'intensité $I + dI$ sur un

20 fond ayant une intensité lumineuse I , le rapport dI/I appelé rapport de Weber est pratiquement constant à environ 2% sur une large plage de seuil lumineux excepté pour les intensités lumineuses très faibles et les intensités lumineuses très élevées. La correction de contraste prend en compte une

25 forme de saturation de l'œil liée au fait que, par exemple, une zone d'intensité moyenne à côté d'une zone d'intensité forte sera moins bien distinguée qu'une zone d'intensité faible à côté d'une zone d'intensité moyenne.

Pour tenir compte de cet effet, on corrige le signal de tension qui va commander l'intensité lumineuse de l'affichage effectué par le tube

30 cathodique par une loi dite de Weber exprimée ci-après :

$$V_{out} = \frac{L_{max}}{2} \log_{10} \left(1 + 100 \frac{L_{display}}{L_{max}} \right)$$

dans laquelle L_{max} représente l'intensité lumineuse maximum approximativement égale à cent candela par mètre carré ($L_{max} \approx 100 \text{cd/m}^2$) et

5 $L_{display}$ l'intensité lumineuse souhaitée.

Cette loi mathématique est mise en œuvre par un dispositif électronique permettant d'effectuer ces calculs. A titre d'exemple, un tel dispositif peut être constitué d'un microprocesseur associé à des mémoires qui contiennent le programme correspondant à l'algorithme de calcul.

10 La correction Gamma permet quant à elle de s'affranchir de la réponse du téléviseur, c'est-à-dire des caractéristiques du tube permettant l'affichage. En effet, les dispositifs d'affichage à tube cathodique sont des dispositifs non linéaires et l'intensité de lumière reproduite sur l'écran d'un moniteur cathodique n'est pas, en l'absence de correction, proportionnelle à sa tension d'entrée. La correction Gamma est un processus de compensation de cette non linéarité de façon à obtenir une reproduction correcte et proportionnelle de l'intensité lumineuse correspondante à la tension d'entrée. L'image d'un écran est subdivisée en pixels organisés en matrice dont la position du pixel p_{ij} est définie par les indices i et j de la matrice. La valeur p_{ij} du pixel est représentative de l'intensité souhaitée. Pour corriger les phénomènes liés au tube cathodique, on applique à cette valeur représentative de la tension destinée à obtenir l'intensité lumineuse souhaitée, une loi de correction qui correspond à l'équation suivante :

$$L_{display} = L_{max} \left(\frac{e}{e_{max}} \right)^{\gamma}$$

25 Gamma (γ) ayant une valeur comprise entre 2,3 et 2,6 selon les particularités du tube cathodique. Dans cette formule, e est le niveau de grille de la valeur du pixel p_{ij} , e_{max} est la valeur maximum possible pour e , par exemple 256, si

les signaux de commande sont exprimés sur 8 bits, et L_{max} est l'intensité correspondant à e_{max} en cd/m^2 , L_{max} étant approximativement égal à $100\text{ cd}/m^2$.

Une autre formulation de la loi de Gamma peut être la suivante :

5

$$y = Ks V^{\gamma}$$

avec $V = kaE^{\gamma_a}$

dans laquelle y est la luminance, V la tension de luminance, E l'éclairement de l'image analysée, γ est un exposant voisin de 2,2 pour les tubes images en noir et blanc et γ_a correspond à une valeur de 0,45 admise couramment pour la télévision couleur, Ks et ka des coefficients de proportionnalité.

10

Cette opération de correction Gamma et de Weber permet de transformer la valeur du pixel reçue en entrée du circuit de prétraitement (1a) en une valeur finale $P'_{ij} = I_g(P_{ij}) / P_{ij} \cdot I_g$ qui suit la loi correspondant à la courbe 1 représentée à la figure 1b. Chacune des images sources (10a) donne naissance à une pluralité de pixels prétraités p'_{aij} et chacune des images décodées (10b) donne également naissance à une seconde pluralité de pixels prétraités p'_{bij} .

15

Parallèlement à cette opération de traitement, une deuxième étape (2a, 2b, fig.1) dite d'estimation de mouvement permet la construction pour chaque image source et décodée de l'image champ de mouvement, est mise en œuvre à partir de chaque séquence d'image. Cette construction du champ de mouvement s'effectue entre t et $t-1$ par des calculs classiques, tels que ceux faisant appel à la méthode explicitée dans le livre publié par Don Pearson aux éditions Mac Graw Hill Book Company et intitulé "Image processing" "The Essex series in telecommunication and information

20

25

systems", page 47 et suivantes. Cette estimation de mouvement sur une séquence d'images peut utiliser soit la méthode différentielle, soit la méthode de coïncidence de blocs (Block matching), soit la méthode de Fourier ou la méthode d'estimation en espace tridimensionnel. Pour chaque image, on obtient ainsi un certain nombre de vecteurs de mouvement (v_i) et l'image

30

peut être ainsi découpée en régions ($R_1, \dots, R_i v_i, \dots, R_n v_n$, fig.1d) basée sur l'information mouvement, chaque région ($R_i v_i$) est donc caractérisée par le fait que tous les pixels de cette région ont un seul vecteur vitesse (v_i) associé. Cette répartition de l'image en région à vitesse constante constitue une troisième étape (3a, 3b) dite de segmentation du champ de mouvement appliquée à chaque image source et décodée. Un champ de mouvement est donc rendu homogène grâce à la technique de segmentation et les pixels de mouvement proches sont regroupés en une même région. Ce champ de mouvement ainsi segmenté est alors plus proche du mouvement vrai des objets de la scène représentée par les images. Cette homogénéisation permet ainsi d'effectuer un léger débruitage et d'avoir un nombre réduit de mouvements différents correspondant à un petit nombre de vitesses v_i ce qui réduira le nombre de filtres à calculer et à mémoriser à l'étape suivante pour éviter d'avoir $(255)^2$ mouvements à calculer et à mémoriser dans le cadre d'une image constituée de 255×255 pixels p_{ij} . L'estimation du mouvement peut également utiliser la technique fondée sur l'extraction d'objets particuliers dans la scène, tels que des bords ou des coins d'objets consistant à suivre le mouvement de ces éléments particuliers d'une image à l'autre. Ceci fournit des informations de mouvement à différents endroits de l'image et un processus d'interpolation est utilisé pour affecter des vecteurs de mouvement aux aires d'images restantes. Une façon de mesurer les mouvements des angles ou bords d'éléments consiste à appliquer un filtre passe haut à l'image pour isoler les bords et ensuite utiliser la technique fondée sur la méthode des différentiels pour mesurer la valeur du mouvement. La formation de bordures peut être atténuée à l'aide d'un filtre passe bas pour réduire les effets de bruits et pour permettre la mesure de mouvements importants. Un filtre passe bas peut, par exemple, être constitué pour un espace matriciel de dimension 3.3 par la matrice suivante:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Un filtre passe haut peut, par exemple, être constitué pour un espace matriciel de dimension 3.3 par la matrice suivante :

-0,125	-0,125	-0,125
-0,125	1	-0,125
-0,125	-0,125	-0,125

5

Ainsi, une table donnant pour une vitesse estimée v les pixels p_{ij} de l'image qui appartiennent à cette région ayant cette vitesse estimée v en cycle par degré est mémorisée sous forme de la matrice de la figure 1d dans les moyens de mémorisation du dispositif de segmentation du champ de mouvement en vue de son utilisation ultérieure.

10

Le processus se poursuit par une quatrième étape mise en œuvre en parallèle pour chacune des images sources (10a) et décodées (10b) consistant à construire pour chacune un filtre psychovisuel (4a, 4b). Cette quatrième étape s'effectue, par exemple, à partir d'une base de données de courbes de filtre comportant une pluralité de courbes telles que celles représentées à la figure 3 exprimant l'influence du facteur humain H en fonction de la vitesse du mouvement v_i et de la fréquence spatiale f_i . A ces valeurs v_i , f_i correspond une valeur de filtrage H . Si la vitesse v_i est comprise entre les vitesses v_1 et v_2 de deux courbes (Hv_1, Hv_2), le dispositif effectue

15

une interpolation pour déterminer la valeur H correspondante. Cette interpolation peut être, par exemple, linéaire. Cette étape peut également s'effectuer par calcul direct de la valeur H pour une vitesse donnée à partir d'un modèle analytique de l'influence psychovisuelle. Le modèle analytique du filtre peut, par exemple, être représenté par la formule suivante :

20

$$G(\alpha, v) = [6.1 + 7.3 |\log(v/3)|^3] \times v \alpha^2 \exp[-2\alpha(v+2)/45.9] \text{ avec } \alpha = 2\pi f.$$

A la cinquième étape, le dispositif synthétise une valeur de filtrage $h(s, v)$ dans le domaine spatial pour chaque valeur de filtrage $H(f_s, v)$ dans le domaine fréquentiel associée à une vitesse v et une fréquence f_s en appliquant une transformée rapide de Fourier inverse (FFT⁻¹) sur les valeurs de filtrage $H(f_s, v)$ dans le domaine fréquentiel, ce qui s'exprime par l'expression $h(s, v) = \text{FFT}^{-1}[H(f_s, v)]$ où f_s représente la taille caractéristique des détails en cycle par degré, v leur mouvement exprimé en durée par seconde et s la résolution.

La valeur h du domaine spatial ainsi déterminée pour chaque image source (5a) et décodée (5b) dans la cinquième étape sera appliquée au cours d'une sixième étape (6a, respectivement 6b) à chacun des pixels prétraités p'_{aij} de l'image source sortant du prétraitement et de l'image décodée p'_{bij} sortant du prétraitement.

De cette sixième étape (6a, 6b) de filtrage, il résulte à chaque fois un couple de valeurs de pixels filtrées p'_{afij} et p'_{bfij} qui est ensuite utilisé dans une dernière étape (7) de construction d'une matrice des disparités (D_{isp}) en effectuant le calcul de l'erreur quadratique entre chaque couple de valeurs de pixels.

$$D_{isp} = (p'_{afij} - p'_{bfij})^n \text{ avec } n = 2 \text{ ou autre}$$

Cette matrice donnera ainsi une appréciation objective des distorsions perceptibles à l'œil humain introduites par le processus de codage décodage que l'on veut estimer.

La deuxième variante de réalisation de l'invention va maintenant être explicitée en liaison avec la figure 2 qui représente les différents moyens permettant la mise en œuvre du procédé selon cette deuxième variante. Pour mieux fixer les idées, le lecteur pourra également se référer à l'annexe 2 qui représente les différentes étapes numérotées de 1 à 11 du procédé mis en œuvre selon la seconde variante et qui représente également la

diminution de taille obtenue par les opérations de construction des pyramides de Laplace.

Dans cette variante, les quatre premières étapes de la première variante sont appliquées à l'image source (10a), à savoir la précorrection (1a), la construction de champs de mouvement (2a) et la segmentation (3a) ainsi que la construction du filtre psychovisuel (4a). Les pixels p_{aij} provenant du traitement de l'image source (10a) et résultant de l'étape de prétraitement et les pixels p_{bij} résultant de l'étape de prétraitement de l'image décodée (10b) sont chacun soumis dans une étape (5.1a et respectivement 5.1b) à un filtrage de décimation $\frac{1}{2}$ ($F_{1/2}$). Ce filtrage est un filtrage passe bas qui permet à partir d'une matrice de pixels représentant une image P_{n-1} d'un niveau $n-1$ donné d'obtenir l'image P_n de niveau n suivant. Ceci s'exprime par la relation :

$$P_n = F_{1/2} (P_{n-1}) \text{ avec } n > 0$$

15 P_0 étant l'image originale.

A titre d'exemple le filtre de décimation peut être constitué pour un espace matriciel 3.3 par la matrice suivante :

1	2	1
2	4	2
1	2	1

20 Cette opération de filtrage par décimation $\frac{1}{2}$ par un dispositif de calcul a pour résultat de réduire une matrice de pixels de taille $m \cdot n$ représentant l'image source P_{s0} en une matrice P_{s1} de niveau 1 de taille $m/2 \cdot n/2$, la matrice P_{sn} de niveau n étant de taille $m/2^n \cdot n/2^n$. De même, cette opération de filtrage par décimation $\frac{1}{2}$ a pour résultat de réduire une matrice de pixels de taille $m \cdot n$ représentant l'image décodée ou corrompue P_{d0} en une matrice P_{d1} de niveau 1 de taille $m/2 \cdot n/2$, la matrice P_{dn} de niveau n étant de taille $m/2^n \cdot n/2^n$. Le dispositif de calcul mémorise donc pour chaque

25

image source et décodée le niveau n et le niveau $n+1$ suivant dans sa mémoire.

Ensuite, à l'étape suivante (5.2a, respectivement 5.2b), le dispositif de calcul retranche à chaque image P_n de niveau n , l'image P_{n+1} , de niveau
 5 immédiatement suivant, expansée par 2 (E_2) pour obtenir ce qu'il est convenu d'appeler une succession de matrices constituant ce qu'il est convenu d'appeler une pyramide de Laplace L_n , selon la formule :

$$L_n = P_n - E_2(P_{n+1}) \text{ pour } n < N$$

avec $L_N = P_N$

10 L'opération d'expansion effectuée par E_2 consiste à interpoler l'image P_{n+1} (de taille $m/2 * n/2$) pour obtenir une image de taille $m * n$.

Cette opération d'expansion ou d'interpolation met en jeu plusieurs matrices d'interpolation en fonction de la position du pixel à interpoler.

Ceci permet de constituer, pour l'image source, une pyramide LS_n de
 15 matrices mémorisées et pour l'image décodée ou corrompue une seconde pyramide LD_n de matrices mémorisées. Selon le choix du filtre $F_{1/2}$, l'image LS_n obtenue à la fin de l'étape ci-dessus est une bonne approximation de l'énergie comprise dans une bande de fréquence centrée autour de la valeur $f_n = 1/(n+1)$. Pour plus de détails sur les pyramides de Laplace ou encore
 20 dites gaussiennes et sur les matrices d'expansion, le lecteur peut se reporter à l'article "the Laplacian pyramid as a compact code image" paru dans la revue IEEE transactions on communications VOL. COM. 31, N° 4, Avril 1983 pages 532 à 540 auteurs P. J. Burt et Ed. H. Adelson.

Les pyramides de Laplace (LS_n , LD_n) sont obtenues par les étapes
 25 (5.2a. et 5.2.b).

A l'étape suivante, le dispositif construit, à partir des régions (R_i, v_i) caractérisées par le même vecteur vitesse (v_i) et définies en sortie de l'étape de segmentation (3) du champ de mouvement appliquée à l'image source, une pyramide multirésolutions R_n de l'image région en partant de l'image

région originale R_0 et en appliquant à cette image région originale R_0 un filtre médian $G_{1/2}$ de décimation $1/2$ selon la formule :

$$R_n = G_{1/2}(R_{n-1})$$

R_0 = l'image région originale,

5 Pour plus de renseignement sur la constitution d'un filtre médian connu de l'homme de métier, le lecteur pourra se référer au chapitre 4 du livre intitulé " non linear digital filters, principles and applications " publié en 1990 aux éditions Kluwer Academic Publishers par I. Pitas et A. N. Venetsapoulos.

10 La pyramide de mouvement (multirésolution) est réalisée uniquement pour l'image source (10a) et la valeur du pixel de LS_n et LD_n représente l'énergie qu'il y a dans une bande de fréquence alors que par R_n on a le mouvement.

Dans cette étape, le dispositif de calcul n'effectue pas le calcul
15 correspondant à l'étape 5.2, c'est-à-dire à la soustraction de l'image R_n correspondant à chaque niveau n de l'image R_{n+1} du niveau $n+1$ immédiatement suivant expansé par 2. A cette étape de calcul, les matrices constituant la pyramide multirésolution sont mémorisées et permettent d'obtenir pour chaque pixel de chaque niveau n de R_n une valeur locale du
20 mouvement. Le filtre médian d'une fenêtre de $n \cdot m$ pixels est obtenu en classant les valeurs des pixels et en retenant le pixel ayant la valeur médiane.

L'application du filtre médian $G_{1/2}$ à la matrice de pixels R_n de dimension $m \cdot n$ permet d'obtenir une matrice R_{n+1} de dimension $m/2 \cdot n/2$.
25 L'opération de décimation est incluse dans celle du filtre médian. Le filtre médian a le même effet sur les images R_n que le filtre $F_{1/2}$ sur les images P_n : il réduit leur taille par 2 en horizontal et en vertical, sauf qu'au lieu d'être un filtre matriciel classique, c'est un filtre "médian", c'est-à-dire basé sur une analyse de la statistique locale.

Les pyramides de Laplace (LS_n , LD_n) calculées à l'étape 5.2 sont ensuite utilisées dans une étape de calcul des différences inter pyramides niveau à niveau représentée à l'étape 7 selon la formule :

$$\text{Diff}_n = LS_n - LD_n.$$

- 5 Ceci permet d'obtenir des matrices Diff_n dont chaque coefficient exprime les valeurs des différences des coefficients des matrices des pyramides de Laplace source (LS_n) et décodée (LD_n) pour le même niveau n et ceci pour chaque niveau de 0 à n . Dans la pyramide de Laplace LS_n la valeur du pixel représente l'énergie qu'il y a dans une bande de fréquence.
- 10 En faisant la différence inter pyramides $LS_n - LD_n$ on a pour une bande de fréquence donnée la disparité fréquentielle entre les deux images.

- Ce résultat est en fait pondéré par la sensibilité de l'œil pour cette fréquence qui est exprimée par la relation de l'influence relative de l'activité de la fréquence f_n . Cette influence relative de l'activité de la fréquence f_n peut
- 15 être masquée par une activité importante dans les fréquences supérieures. Pour déterminer et tenir compte de cette influence relative de l'activité dans une étape de masquage (8), le dispositif de calcul commence par évaluer l'influence locale E_n d'un pixel p_{ij} qui est définie par la valeur du résultat du calcul des différences inter pyramides appliqué au pixel p_{ij} , ce résultat étant
- 20 élevé à la puissance q :

$$E_n = (\text{Diff}_n(p_{ij}))^q,$$

cette valeur d'influence locale permet au dispositif de calcul de déterminer une matrice exprimant l'influence relative de l'activité par un circuit qui met en œuvre la formule suivante :

25

$$I_n = \frac{E_n}{\sum_{k < n} m(E_k)}$$

avec $m(E_k) = E_k$ si $E_k > S$

et $m(E_k) = S$ si $E_k < S$

avec par exemple $S=0,5\%$ (valeur maximale possible de E_k)

Comme dans la variante précédente, le dispositif de calcul effectue une étape de filtrage 4 par l'utilisation d'une base de données (BD) contenant une pluralité de courbes de filtrage exprimant l'influence du facteur humain sur la perception visuelle des images. Ces courbes de filtrage permettent, à partir des valeurs de la fréquence et de vitesse correspondant à un pixel p_{ij} de déterminer un coefficient H de pondération pour ce pixel. Ainsi, pour chaque pixel p_{ij} de la matrice L_n correspondant à une région R_n de vitesse, le dispositif de calcul détermine une valeur H qui vient pondérer l'influence relative I_n . Cette étape de pondération (9) est obtenue par un dispositif de calcul mettant en œuvre l'équation :

$$T_n(p_{ij}) = I_n(p_{ij}) \times H$$

La mise en œuvre de cette équation permet d'obtenir une pyramide de matrices. Quand le programme du dispositif de calcul sélectionne un pixel dans une matrice de niveau n de la pyramide de Laplace, à ce niveau n correspond une fréquence spatiale f_n et le dispositif de calcul sait associer le pixel de l'image R_n auquel correspond une valeur de vitesse v . Par utilisation des bases de données et des courbes enregistrées dans ces bases de données, le dispositif de calcul détermine soit directement, soit par interpolation entre deux courbes, la valeur du coefficient de gain H . dans cette deuxième méthode, on travaille directement sur des objets (pyramides de Laplace) qui correspondent à des grandeurs fréquentielles. On n'a donc pas besoin de passer dans le domaine spatial, car tous les calculs se font dans le domaine fréquentiel. Cette valeur H va venir pondérer l'influence relative de l'activité (I_n). Cette étape de pondération (9) permet d'obtenir une pyramide de matrices auxquelles peut s'appliquer une étape (10) facultative assurant le filtrage directionnel pour tenir compte des directions psychovisuelles privilégiées par le regard humain.

Ainsi, on peut filtrer les images constituées par les matrices T_n par des filtres directionnels favorisant une direction par rapport à d'autres, ces filtres étant constitués de matrices de coefficients de dimension $n \cdot n$

correspondant à la dimension du facteur d'images T_n . Un exemple de matrice de filtre directionnel à 0° est donné ci-après pour une dimension 5/5.

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0,094	0,141	0,28	0,141	0,094
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

5

Un exemple de matrice de filtre directionnel à 90° est donné ci-après.

0	0	0,125	0	0
0	0	0,188	0	0
0	0	0,375	0	0
0	0	0,188	0	0
0	0	0,125	0	0

10 Un exemple de matrice de filtre directionnel à 45° est donné ci-après.

0,016	0	0	0	0
0	0,023	0	0	0
0	0	0,047	0	0
0	0	0	0,023	0
0	0	0	0	0,016

15 Le résultat de cette étape (10) de filtrage directionnel est envoyé sur un circuit sommateur pour recomposer dans une étape (11) les pyramides multirésolutions P'_n par l'équation

$$P'_n = E_2(P'_{n+1}) + T_n \quad (n < N)$$

avec $P'_N = T_N$

Ceci entraîne donc

$$P'_{N-1} = E_2(T_N) + T_{N-1}$$

5 Le processus est réitéré jusqu'à obtenir P'_0 qui représente la matrice constituant la carte des disparités.

Ces étapes des deux variantes de réalisation de l'invention sont mises en œuvre à l'aide de circuits à microprocesseurs exécutant les programmes appropriés permettant de réaliser les étapes exposées
10 précédemment. Ces circuits comportent également des moyens de mémorisation pour mémoriser en plus des programmes à exécuter, les matrices de pixels ou les matrices de régions ou encore les résultats intermédiaires permettant d'attendre l'étape de calcul suivante ou encore les
filtres à appliquer aux résultats intermédiaires ou finaux.

15 Ceci est utilisé pour comparer les performances subjectives de différents appareils codeurs ou encore pour comparer la performance subjective de différents algorithmes de codage et/ou effectuer la mesure de la perception d'artefacts dus à des traitements d'image. En fonction de ces performances, le circuit de calcul mettant en œuvre une des deux variantes
20 de réalisation de l'invention peut modifier le codage en faisant, par exemple, rétroagir la mesure de qualité subjective des images codées ainsi effectuées sur les paramètres globaux et/ou locaux du codage. Un paramètre global sur lequel s'effectue la rétroaction peut, par exemple, être le débit moyen et un paramètre local peut, par exemple, être le pas de quantification local utilisé
25 lors du codage. Cette rétroaction peut être dynamique en cours de codage, les erreurs rétroagissant sur le pas de quantification local, la taille des images, la forme du GOP (Group of pictures) etc. La rétroaction peut également s'effectuer de façon itérative dans le cas des codages pour disque vidéo (DVD) ou CD-ROM. Dans ce cas, tant que l'erreur est
30 supérieure à un seuil et/ou n'est pas homogène sur toute l'image, la

rétroaction du circuit de calcul commande une diminution de la sévérité des paramètres de codage globalement et/ou localement. Tant que l'erreur est inférieure à un seuil, la mesure de la qualité subjective des images effectuées par le circuit de calcul permet d'augmenter la sévérité des
5 paramètres de codage.

Enfin, une avant-dernière utilisation de la méthode d'estimation ou de mesure de la qualité subjective d'une séquence d'images issues d'un codeur peut concerner le codage orienté objet. Dans ce cas, l'utilisation du dispositif de calcul de l'une des méthodes mise en œuvre par ce dispositif
10 permet d'assurer une qualité subjective constante des divers objets de la scène ou d'assurer une qualité subjective relative inter-objets donnée. Enfin, le procédé et le dispositif d'estimation peuvent permettre de modifier les conditions de réallocation dynamique des débits alloués à chacun des canaux d'une diffusion avec multiplexage statistique pour assurer une qualité
15 subjective donnée et homogène des programmes diffusés.

D'autres modifications à la portée de l'homme de métier font également partie de l'esprit de l'invention.

ANNEXE 1

Méthode 1

5

Etape 1 *Pré-Correction des images*: Correction Gamma de l'écran et Correction du Contrast (Loi de Weber).

10

Etape 2 Construction de l'image *Champ de Mouvement* à partir de la Séquence Source et pour chaque image.

15

Etape 3 *Segmentation* du Champ de Mouvement. Pour chaque image, on dispose ainsi d'une Segmentation en Régions basée sur l'information Mouvement.

Chaque *Région(v)* est donc caractérisée par un vecteur vitesse v .

20

Chaque pixel de chaque image (Source ou Decodée) appartient à une Région correspondant à une vitesse estimée v (en cycles par degré).

25

Etape 4 Pour chaque Région(v), *Construction du Filtre Psychovisuel* correspondant, à partir d'une BDD Filtres $\{ H(f_s, v) \}_{i=1, \dots, N}$ et interpolation des filtres.

Etape 5 Pour chaque Région(v), *Synthèse du Filtre en Spatial* par FFT inverse:

$$h(s, v) = FFT^{-1}[H(f_s, v)]$$

30

Etape 6 *Filtrage des images Sources et Decodées* pour obtenir deux autres images:

SourceF et DecodéeF.

Chaque pixel P de l'image Source/Decodée est filtré par le Filtre $h(s,v)$, correspondant à la Région(v) à laquelle appartient P, centré sur P et appliqué sur l'image Source/Decodée.

5

Etape 7 *Construction de la Carte des Disparités ou Erreurs psychovisuelles.*

$$Err = (SourceF - DecodeeF)^n \quad (n=2, \text{ ou autre})$$

ANNEXE 2

Méthode 2

5

Etape 1 (voir Méthode 1).

Etape 2 (voir Méthode 1).

10

Etape 3 (voir Méthode 1).

Etape 4 (voir Méthode 1).

15

Etape 5 Décomposition des images Sources et Decodée
en *Pyramide de Laplace* de N niveaux construite en deux étapes:

- Chaque niveaux P_n est d'abord obtenu par Filtrage-Décimation $\frac{1}{2}$ (Passe-bas) du niveau immédiatement précédent (Pyramide multi-résolution, figure 4).

20

$$P_n = F_{\frac{1}{2}}(P_{n-1}) \quad n > 0$$

$$P_0 = \text{image originale}$$

25

- Puis on retranche à chaque niveau P_n le niveaux immédiatement suivant expansé par 2 pour obtenir L_n (Pyramide de Laplace, figure 5).

$$L_n = P_n - E_2(P_{n+1}) \quad n < N$$

$$L_N = P_N$$

Ce calcul permet d'obtenir une représentation d'une pyramide multi-résolution P_n conforme à la figure 4 et une représentation d'une pyramide de Laplace L_n conforme à la figure 5.

5 Si le Filtre $F_{1/2}$ est bien choisi, l'image L_n est une bonne approximation de l'énergie comprise dans une bande de fréquences centrée autour de

$$f_n = 1/(n+1).$$

10 Finalement, on dispose de deux Pyramides de Laplace: LS_n (Source) et LD_n (Décodée).

Etape 6 Sur le même principe, on construit la Pyramide multi-résolution R_n de l'image Régions, en remplaçant $F_{1/2}$ par $G_{1/2}$ Filtre médian-Décimation $1/2$. Ainsi, pour chaque pixel de chaque niveau des Pyramides de Laplace
15 (Etape 5), on dispose de la valeur locale du mouvement.

Etape 7 Calcul des Différences inter-Pyramides niveau à niveau:

$$Diff_n = LS_n - LD_n$$

20 Etape 8 Application du principe de masquage fréquentiel (Texture-Masking):

L'influence relative de l'activité à la fréquence f_n est masquée par une activité importante dans les fréquences supérieures ($f_{k < n}$).

On définit alors l'influence locale relative du pixel pi , $I_n(pi)$

25 par :

$$I_n = \frac{E_n}{\sum_{k < n} m(E_k)} \quad \text{avec: } E_n = (Diff_n(pi))^q$$

avec $q=2$ par exemple.

Etape 9 Filtrage des Pyramides de Laplace Source et Decodées:

Chaque pixel pi de L_n est pondéré par la valeur $H(f_n v)$, correspondant à la Région(v) à laquelle appartient pi dans R_n , et par l'influence relative I_n .

5

$$T_n(pi) = I_n(pi) \times H$$

Etape 10 Filtrage Directionnel: pour tenir compte des directions psychovisuelles privilégiées par le regard humain, on peut filtrer les images T_n par des filtres directionnels favorisant une direction par rapport à d'autres.

10

Etape 11 *Construction de la Carte des Disparités ou Erreurs psychovisuelles*: On recompose les pyramides multi-résolution P'_n :

15

$$P'_n = E_2(P'_{n+1}) + T_n \quad (n < N)$$

$$P'_N = T_N$$

La Carte des disparités correspond à P'_0 .

REVENDECATIONS

1. Procédé d'évaluation de la qualité d'images codées caractérisé en ce qu'il comporte :

- 5 a) une étape de traitement du signal représentatif de l'image pour obtenir un signal traité,
- b) une étape de construction à partir du signal représentatif de l'image codée, d'un signal représentatif de l'image champ de mouvement à partir de la séquence source,
- 10 c) une étape de constitution d'un signal représentatif de la segmentation du champ de mouvement et de stockage des pixels d'images représentatifs de chaque région ayant un champ de mouvement différent à une adresse définie par rapport aux vecteurs vitesse estimés dans l'étape de construction du champ de mouvement permettant de déterminer les pixels
- 15 ayant des vecteurs vitesse différents,
- d) une étape de détermination ou de calcul d'un filtre humain psychovisuel à appliquer en fonction de la vitesse estimée de la région,
- e) une étape de filtrage du signal traité, et
- f) une étape de construction de la carte des disparités entre les
- 20 signaux représentatifs de l'image obtenus après l'étape de filtrage et les signaux représentatifs de l'image décodée obtenus après l'étape de filtrage.

2. Procédé d'évaluation de la qualité d'images codées selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une étape consistant à appliquer chacune des étapes précédentes à l'image source et à l'image

25 décodée.

3. Procédé d'évaluation de la qualité d'images codées selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de décomposition fréquentielle des images (FFT, sous-bande,...) précédant l'étape de filtrage constituée d'une pondération par un coefficient déduit de

30 courbes prenant en compte la vitesse estimée et la bande de fréquence

considérée, pour tenir compte de l'influence relative de la vitesse et de la fréquence spatiale sur la perception des images animées.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de filtrage psychovisuel s'applique à des matrices représentatives des différences inter-pyramides entre les pyramides de Laplace des images sources traitées et celles des images décodées traitées après pondération par, d'une part l'influence locale représentative de la fréquence du pixel concerné et d'autre part, un coefficient de filtrage déduit de courbes de filtrage prenant en compte la vitesse estimée et la bande de fréquence correspondant au niveau de la pyramide de Laplace à laquelle le pixel appartient dans une pyramide multirésolution obtenue par construction d'une pyramide à partir de l'image de chaque région de vitesse différente.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les courbes de filtrage psychovisuel sont soit constituées par une succession de courbes arrangées sous forme de base de données et mémorisées dans le système, et éventuellement interpolation à partir de ces courbes, soit obtenues par une représentation analytique mise en œuvre par des moyens de calcul permettant de calculer chaque courbe.

6. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'étape de construction de la carte des disparités s'effectue par recombinaison des pyramides multirésolutions filtrées obtenues à l'étape précédente.

7. Procédé selon la revendication 4 ou 6, caractérisé en ce que l'étape de traitement de l'image comporte une étape de décomposition des images sources et décodées en pyramide de Laplace de n niveaux et une étape de construction de la différence inter-pyramide.

8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la vitesse ou valeur locale du mouvement est obtenue par une construction éventuelle de filtres puis application du filtre construit ou par application d'un filtre médian.

9. Procédé selon la revendication 1 ou 4, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de précorrection des images en effectuant une correction Gamma et une correction par la loi de Weber.

10. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la correction par Gamma γ est la suivante :

$$y = K_s V^{\gamma_s} \text{ avec } V = k_a E^{\gamma_a}$$

dans laquelle y est la luminance, V la tension de luminance, E l'éclairement de l'image analysée éclairé, γ_s est un exposant voisin de 2,2 pour les tubes images en noir et blanc et γ_a a une valeur de 0,45 admise couramment pour la télévision couleur.

11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le filtrage est obtenu par construction du filtre psychovisuel correspondant à la vitesse estimée à partir d'une base de données de filtres et interpolation entre les deux filtres correspondant aux régions les plus proches de la région dont la vitesse a été estimée.

12. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'influence (I_n) locale relative du pixel p_i concerné est obtenue par calcul d'une valeur E_n représentant la puissance $q^{\text{ième}}$ de la différence niveau à niveau inter-pyramides entre les pyramides sources et pyramides décodées de même niveau du pixel concerné.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que le calcul de I_n est effectué par utilisation de la formule suivante :

$$I_n = \frac{E_n}{\sum_{k < n} m(E_k)}$$

avec $E_n = (\text{Diff}_n(p_{ij}))^q$,

25 $m(E_k) = E_k$ si $E_k > S$

et $m(E_k) = S$ si $E_k < S$

avec par exemple $S=0,5\%$ (valeur maximale possible de E_k)

14. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le filtrage comporte un filtrage directionnel des images selon une direction déterminée plutôt qu'une autre.

15. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que la correction Gamma s'effectue par un dispositif de calcul mettant en œuvre l'équation suivante :

$$L_{display} = L_{max} \left(\frac{e}{e_{max}} \right)^r$$

e étant la valeur de niveau de grille du pixel, e_{max} étant la valeur maximum exemple 256 si le codage s'effectue sur 8 bits, L_{max} étant l'intensité correspondant à e_{max} en cd/m^2 .

16. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que la loi de Weber est mise en œuvre par un dispositif de calcul qui réalise la fonction suivante :

$$V_{out} = \frac{L_{max}}{2} \log_{10} \left(1 + 100 \frac{L_{display}}{L_{max}} \right)$$

17. Procédé selon la revendication 1 ou 4, caractérisé en ce que le calcul du filtre s'obtient par la formule suivante :

$$G(\alpha, v) = [6.1 + 7.3 |\log(v/3)|^3] \times v \alpha^2 \exp[-2\alpha(v+2)/45.9]$$

avec $\alpha = 2\pi f$, f =fréquence spatiale, v =vitesse.

18. Utilisation du procédé selon une des revendications précédentes dans un dispositif de codage caractérisée par une rétroaction dynamique en fonction des disparités psychovisuelles calculées par le dispositif de calcul mettant en œuvre le procédé sur l'un des paramètres utilisés par le dispositif de codage au cours du codage.

19. Utilisation du procédé selon la revendication 18, caractérisée en ce que les disparités calculées sont comparées à un seuil pour modifier les paramètres de codage de l'appareil de codage jusqu'à ce que le seuil souhaité soit franchi.

20. Utilisation du procédé selon la revendication 19, caractérisée en ce que l'un des paramètres est soit le pas de quantification, soit la taille des images, soit la forme du groupe d'images GOP.

21. Utilisation du procédé selon la revendication 18, caractérisée en ce que l'homogénéité des disparités calculées est analysée par le dispositif de calcul pour agir sur les paramètres de codage de l'appareil de codage.

22. Utilisation du procédé selon les revendications précédentes, caractérisée en ce que les paramètres de codage des objets différents d'une image dont le codage est orienté objet sont modifiés en fonction d'une disparité souhaitée constante.

23. Utilisation du procédé selon les revendications 18 à 22, caractérisée en ce qu'elle consiste à effectuer une réallocation dynamique des débits alloués à un appareil de codage avec multiplexage.

24. Dispositif d'évaluation de la qualité d'images codées caractérisé en ce qu'il comporte :

- un moyen (1a, 1b) de traitement du signal représentatif de l'image source (10a) et de l'image décodée (10b) pour obtenir un signal d'image source traitée et d'image décodée traitée,
- des moyens (2a, 2b) de construction à partir du signal représentatif de chacune des images, d'un signal représentatif de l'estimation du champ de mouvement à partir de chacune des images des séquences sources et décodées,
- des moyens (3a, 3b) de constitution d'un signal représentatif de la segmentation du champ de mouvement et de stockage des pixels d'images représentatifs de chaque région R_i ayant un champ de mouvement différent à une adresse définie par rapport aux vecteurs vitesse estimée dans l'étape de construction du champ de mouvement permettant de déterminer pour chacune des images sources et décodées celles ayant des vecteurs vitesse différents,

- un moyen (4,5) de détermination ou de calcul d'un filtre humain psychovisuel à appliquer en fonction de la vitesse estimée de la région,

- des moyens (6a, 6b) de filtrage appliqués à chacune des images sources traitées et décodées traitées et

5 - un moyen (7) de construction de la carte des disparités entre les signaux représentatifs de l'image source traitée obtenus après l'étape de filtrage et les signaux représentatifs de l'image décodée traitée obtenus après l'étape de filtrage.

25. Dispositif selon la revendication 24, caractérisé en ce que les
10 moyens de filtrage psychovisuel s'appliquent à des matrices représentatives des différences inter-pyramides calculées par des moyens de calcul entre les pyramides de Laplace des images sources traitées et celles des images décodées traitées après pondération par d'une part l'influence locale
15 représentative de la fréquence du pixel concerné et d'autre part un coefficient de filtrage déduit de courbes de filtrage mémorisées ou calculées
et prenant en compte la vitesse estimée et la bande de fréquence correspondant au niveau de la pyramide de Laplace à laquelle le pixel appartient dans une pyramide multirésolution obtenue par des moyens de construction de cette pyramide multirésolution à partir de l'image de chaque
20 région de vitesse différente.

26. Dispositif selon la revendication 24, caractérisé en ce que les moyens de construction de la carte des disparités effectuent une recombinaison des pyramides multirésolutions filtrées.

27. Dispositif selon une des revendications 24 à 26, caractérisé en
25 ce que les moyens de traitement, les moyens de constitution, les moyens de détermination, les moyens de construction, les moyens de filtrage sont constitués d'au moins un microprocesseur associé à des mémoires suffisantes pour contenir les programmes permettant de réaliser les différents moyens et pour contenir les bases de données et les informations

intermédiaires nécessaires au calcul et à l'obtention de la carte des disparités.

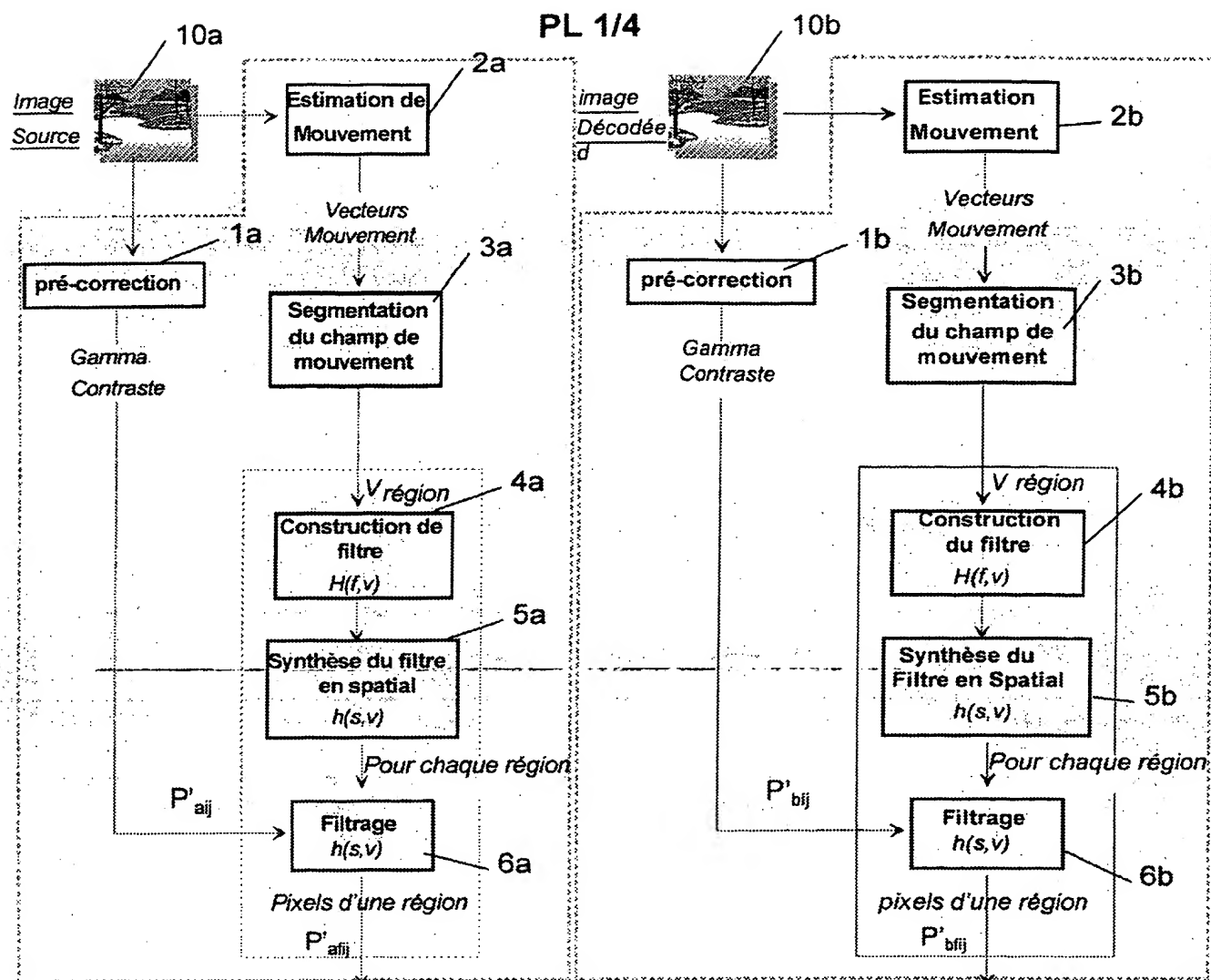
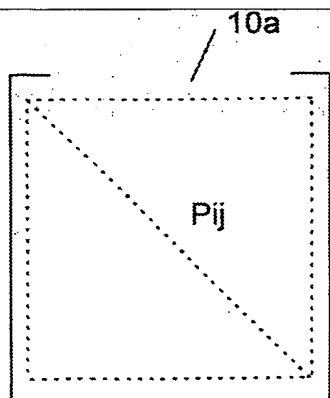
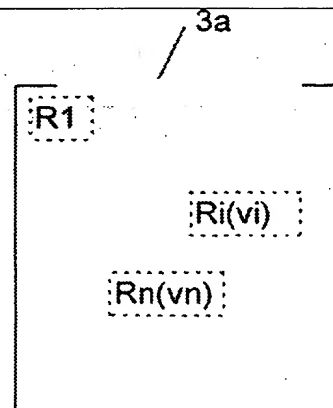


FIG. 1a



Carte des disparités

FIG. 1d



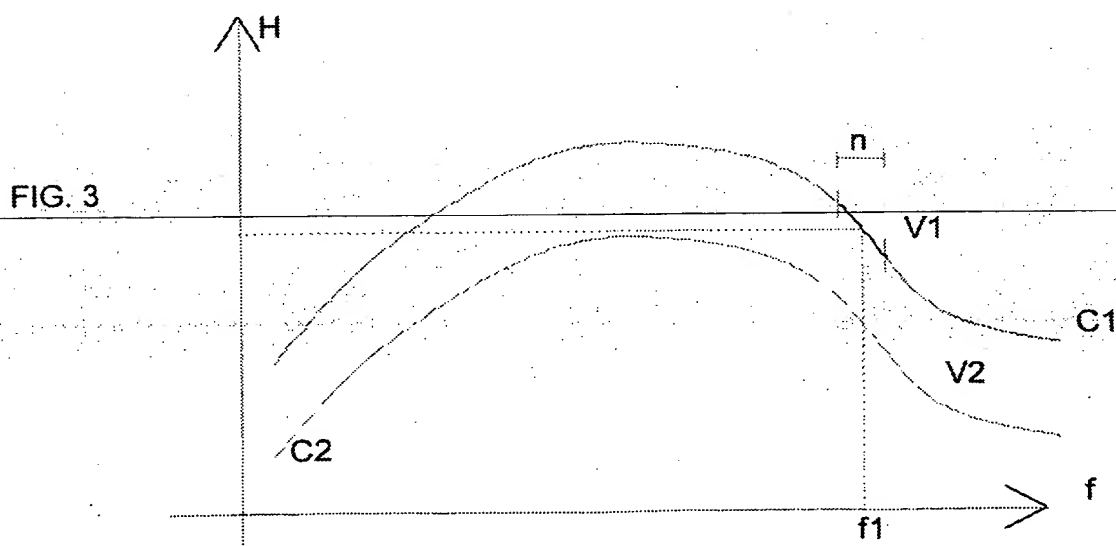
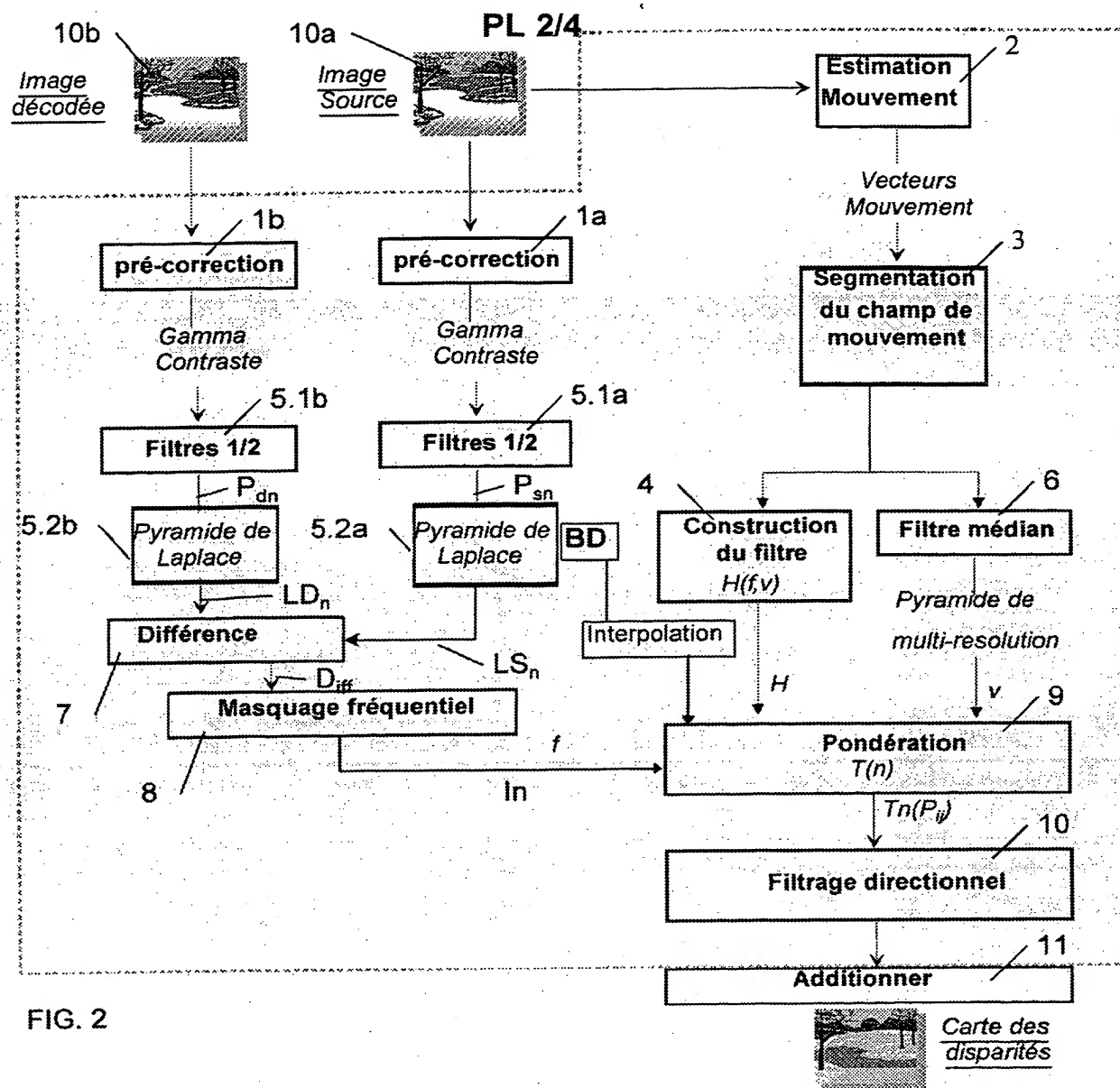
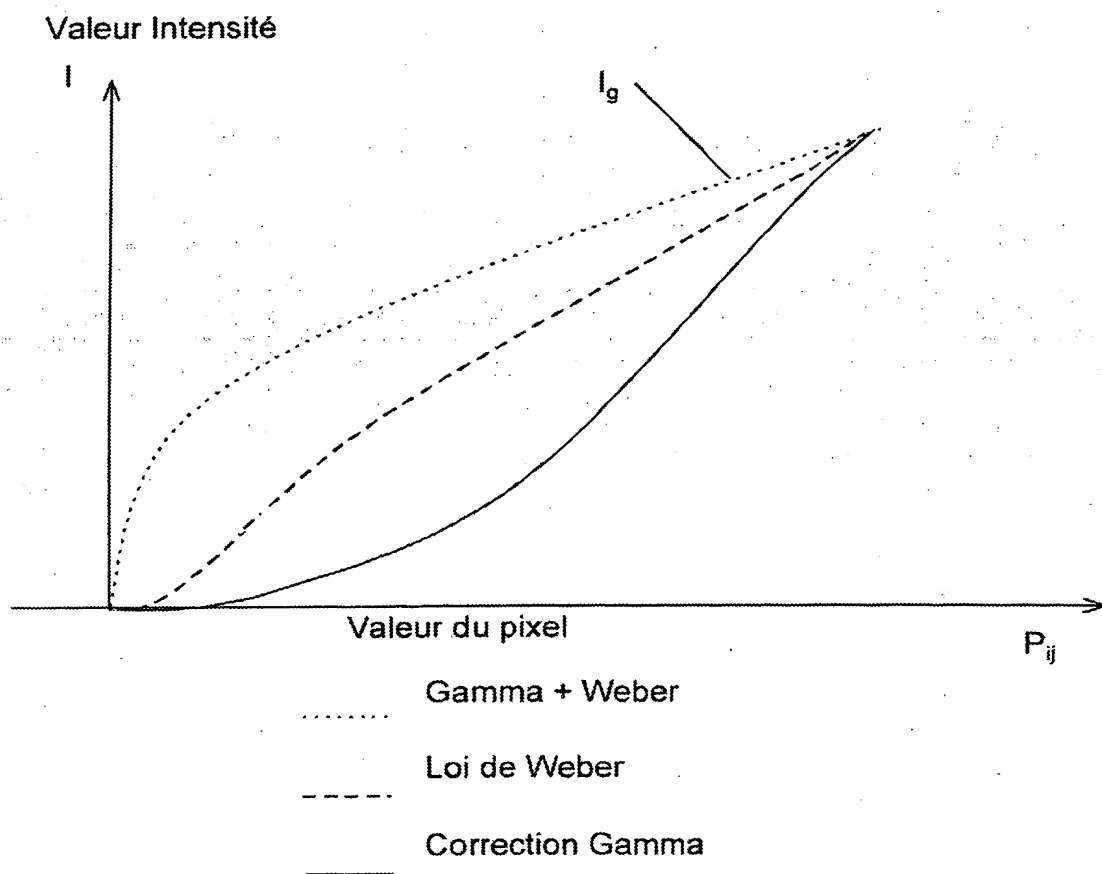


FIG. 1b



PL 4/4



niveau-0



niveau-1



niveau-2

FIG. 4



FIG. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)